

## NEMATOFAUNA ASOCIADA A ECOSISTEMAS DE GUADUA (*Guadua angustifolia* Kunth) Y BOSQUE SECUNDARIO EN SANTÁGUEDA, PALESTINA, CALDAS\*

Pablo Andrés Chica M<sup>1</sup>, Óscar Adrián Guzmán P<sup>2</sup> y Gabriel Cruz C<sup>3</sup>.

### Resumen

Los nematodos hacen parte de las redes alimentarias del suelo como descomponedores, micófagos, bacteriófagos, depredadores y fitoparásitos; cuando ocurre perturbación y contaminación del mismo se afectan las poblaciones de estos grupos tróficos, que son usadas para evaluar la salud y calidad de los ecosistemas. El objetivo de esta investigación fue identificar y generar un registro fotográfico de las comunidades de nematodos que habitan ecosistemas de bosque y guadua de la granja Montelindo de la Universidad de Caldas. En estos ecosistemas, se recolectaron muestras de raíces y suelo con ayuda de un equipo de recepción GPS, permitiendo generar una grilla de muestreo geo-referenciada tomando muestras cada 15m. Posteriormente, en el laboratorio de Fitopatología de la misma universidad se realizó la extracción de nematodos por el método de centrifugación y flotación en azúcar. El ecosistema de guadua presentó alta biodiversidad de nematofauna ya que se identificaron 29 géneros de nematodos pertenecientes a las clases Secernentea, ubicados en los ordenes Aphelenchida, Monhysterida, Rhabditida y Tylenchida, y Adenophorea, ubicados en los ordenes Araeolaimida, Dorylaimida y Triplonchida; así mismo, en el ecosistema bosque se encontraron 26 géneros de nematodos, la mayoría pertenecientes a la clase Secernentea, ubicados en los ordenes Aphelenchida, Rhabditida y Tylenchida, y en menor proporción en la clase Adenophorea ubicados en los ordenes Chromadorida, Dorylaimida y Triplonchida. El grupo trófico fitoparásito con 46% predominó en ambos ecosistemas, seguido por bacteriófago, micógafo y depredador con 40%, 13% y 1,5%, respectivamente, demostrando que son ecosistemas enriquecidos en diversidad de nematofauna.

**Palabras clave:** Nematodos micófagos, bacteriófagos, depredadores y fitoparásitos

## NEMATODE FAUNA ASSOCIETY TO BAMBOO (*Guadua angustifolia* Kunth) AND SECONDARY FOREST ECOSYSTEMS IN SANTAGUEDA, PALESTINA, CALDAS

### Abstract

Nematodes are part of the soil food webs with decomposers, micophages, bacteriophages, predators and plant parasitic; when there are disturbance and pollution of soil affect the same populations of these trophic groups, which are used to assess the health and quality of ecosystems. The goal of this research was to identify and create a photographic record of the

\* FR: 20-III-2011. FA: 8-V-2012.

<sup>1</sup> Ing. Agr. Programa de Ingeniería Agronómica, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Caldas. Correo electrónico: [pabloandreselbe@hotmail.com](mailto:pabloandreselbe@hotmail.com).

<sup>2</sup> M. Sc. Profesor Auxiliar, Departamento de Producción Agropecuaria, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Caldas, Correo electrónico: [oscar.guzman@ucaldas.edu.co](mailto:oscar.guzman@ucaldas.edu.co).

<sup>3</sup> Ph. D. Profesor Titular. Departamento de Desarrollo Rural y Recursos Naturales, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Caldas, Correo electrónico: [gabocruz@ucaldas.edu.co](mailto:gabocruz@ucaldas.edu.co).

nematode communities inhabiting forest and bamboo ecosystems in the Montelindo farm of the Universidad de Caldas. In these ecosystems, root and soil samples were collected using GPS receiving equipment, allowing to generate a grid of georeferenced sampling taking samples every 15m. Later, in the laboratory of Plant Pathology at the same university was nematodes extracted by centrifugation and flotation in sugar method. The ecosystem of bamboo had the most high biodiversity with nematodes fauna, and there were identified as 29 genera of nematodes of the Secernentea class, located in Aphelenchida, Monhysterida, Rhabditida and Tylenchida orders, and Adenophorea class, located in Araeolaimida, Dorylaimida and Triplonchida orders; likewise in the forest ecosystem found 26 genera of nematodes, mostly belonging to the Secernentea class, located in Aphelenchida, Rhabditida and Tylenchida orders, and to a lesser proportion in class Adenophorea located in the Chromadorida, Dorylaimida and Triplonchida orders. The trophic group with 46% of plant parasitic nematodes predominated in both ecosystems, followed by bacteriophage, micophage and predatory with 40%, 13% and 1.5% respectively, showing that these ecosystems are rich in diversity of nematodes fauna.

**Key words:** micophages, bacteriophages, predators and plant parasitic nematodes.

## INTRODUCCIÓN

En la región de los Andes de Colombia han quedado fragmentos de bosque producto de la deforestación y cambio en el uso del suelo, los cuales se caracterizan por la presencia o dominancia de guadua (*G. angustifolia*), ubicados entre 900 y 1800 msnm; ésta especie se encuentra asociada con otras plantas sirven de hábitat para diversos organismos (OSPINA & RODRÍGUEZ, 2002). Según GIRALDO (2009), en estudios sobre biodiversidad en guaduales de Colombia, se han registrado 33 familias de flora con 45 especies; 4 órdenes de insectos con 32 familias; 13 órdenes de aves con 25 familias y 1 orden de anfibios con 2 familias.

Así mismo, en estudios realizados en bosques secundarios del departamento de Caldas se han registrado 91 géneros de plantas en 42 familias (ROJAS *et al.*, 2008), 28 familias de mamíferos en 10 órdenes (CASTAÑO & CORRALES, 2010), 33 familias de hongos macromycetos en 13 órdenes (MONTTOYA *et al.*, 2010) y 171 géneros de Lepidópteros diurnos (RIOS, 2007); sin embargo, en la zona central cafetera y en la mayoría del país no existen referentes sobre identificación y cuantificación de nematodos en suelo y raíces en este tipo de ecosistemas.

Los nematodos son los metazoos más abundantes en el planeta tierra, están presentes en el perfil del suelo con un tamaño que varía entre 280mm y 10mm y debido a su cutícula permeable pueden habitar las láminas de agua que rodean las partículas del suelo y por lo tanto, permanecen en contacto directo con los compuestos disueltos en dicho suelo (FERRIS *et al.*, 2001). Los nematodos pueden ser usados para análisis medioambientales como bioindicadores debido a que se producen en alta densidad y diversidad en cada tipo de suelo, reaccionan rápidamente a perturbaciones, son fáciles de aislar e identificar, son importantes en las redes alimentarias del suelo como descomponedores, micófagos, bacteriófagos, fitoparásitos y depredadores, pudiendo ser fácilmente asignados a grupos tróficos (BONGERS, 1999).

Así mismo, los nematodos desempeñan un papel fundamental en la estructura y organización funcional del suelo como micófagos por ser tolerantes a contaminantes,

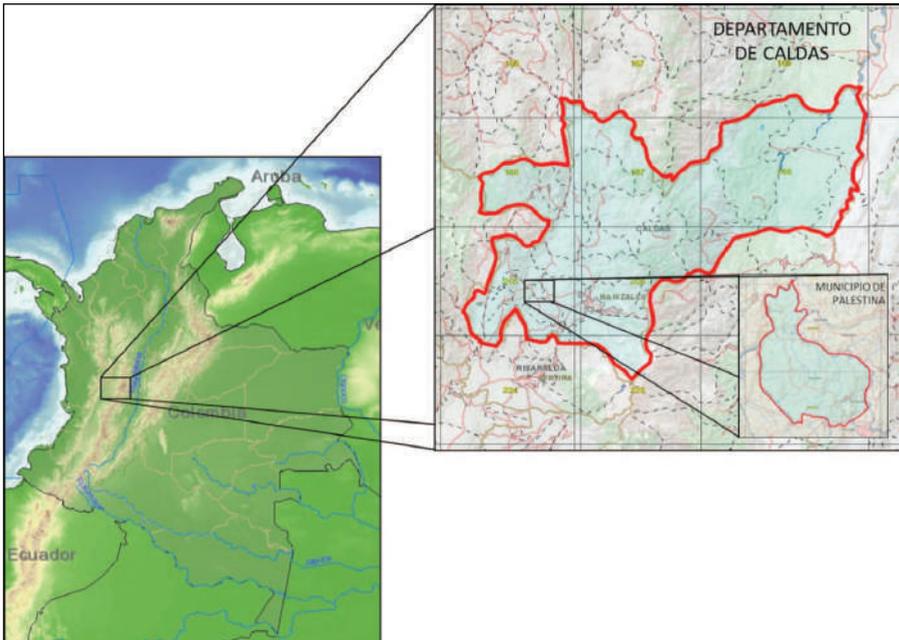
bacteriófagos por ser indicadores de enriquecimiento orgánico, fitoparásitos por ser sensibles a perturbaciones, y depredadores por ser indicadores de estabilidad; por lo que pueden ser utilizados en estudios medioambientales como bio-indicadores ecológicos (BONGERS, 1999; MORENO, 2001).

Debido a la importancia de los nematodos como indicadores ambientales y al desconocimiento de las comunidades de nematodos en suelo y raíces de guadua y bosque en Colombia, el objetivo de esta investigación fue identificar y generar un registro fotográfico de las comunidades de nematodos que habitan ecosistemas de guadua y bosque secundario en la granja Montelindo de la Universidad de Caldas.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Ubicación

Esta investigación se realizó entre Julio y Diciembre de 2011 en dos ecosistemas colindantes de guadua y bosque secundario situados en la granja Montelindo de la Universidad de Caldas, vereda Santágueda, municipio de Palestina, Caldas, a  $5^{\circ} 05' N$  y  $75^{\circ} 40' W$ , altitud de 1050 msnm, temperatura media de  $22,5^{\circ} C$ , humedad relativa del 76%, precipitación anual de 2100 mm y brillo solar anual de 2010 h (Figura 1).



**Figura 1.** Ubicación geográfica del área de estudio. Municipio de Palestina, Caldas, Colombia (IGAC, 2012).

## Características generales de los ecosistemas

Los ecosistemas evaluados se encuentran en la zona de bosque húmedo tropical y tenían las siguientes características:

- Guadual: éste ecosistema es considerado como un bosque de sucesión secundaria que tenía la especie guadua en 80% del terreno de 0,95 ha., haciendo que su dosel proporcionara sombrío constante. De ésta área, 75% del terreno estaba en ladera y 25% plano, siendo éste último, caracterizado por tener suelo plástico debido a la abundancia de humedales.
- Bosque: éste ecosistema también es considerado como un bosque de sucesión secundaria el cual estuvo sembrado en cacao (*Theobroma cacao* Linneo) 15 años atrás, siendo los remanentes de este cultivo la especie vegetal predominante, éste ecosistema estaba en zona de ladera con 0,43 ha, acompañado de higuerón (*Ficus gigantocyce* Dugand), Yarumo (*Cecropia peltata* Linneo), heliconias (*Heliconias* spp.), helechos (*Pteridium* spp. Linneo), anicillo (*Piper anisatum* Kunth) pringamoso (*Urera primum* Linneo), platanillas (*Musa* spp.) y rascaderas (*Xanthomas* spp.) que generan una condición de sombrío permanente; el suelo estaba cubierto en su totalidad por una capa de mulch formada por el material vegetal en descomposición.

## Procedimiento en condiciones de campo

En cada ecosistema se realizó el levantamiento del perímetro mediante el uso de un equipo de geo-referenciación GPS Garmin MAP76S con el fin de establecer el área de muestreo; los datos fueron digitalizados en el software ARCGIS 8.2 (ESRI, 2001 ®) y posteriormente se definió una grilla de muestreo para cada lote usando una distancia de separación de 15m entre muestras, es decir, unidades muéstrales de 225m<sup>2</sup>; siguiendo este parámetro se determinó que se debían recolectar 24 y 44 unidades muéstrales en las zonas de bosque y guadua, respectivamente.

En cada uno de los puntos geo-referenciados de la grilla de muestreo se delimitó un área de 1 X 1m considerado como punto de muestreo y se despejó de arvenses y otras plantas con un palín de hoja rectangular. En ésta área, se realizaron 3 hoyos de 15 X 15 X 25cm de largo, ancho y profundidad, respectivamente; en cada uno se recolectaron aproximadamente 700g de raíces y suelo debidamente homogenizado, para empacarlo en una bolsa de plástico y formar una muestra compuesta de 2Kg. Las muestras fueron debidamente rotuladas y transportadas al Laboratorio de Fitopatología de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad de Caldas para su análisis.

## Procedimiento en condiciones de laboratorio

En el Laboratorio de Fitopatología, se realizó la extracción de nematodos basados en el principio de flotación de los nematodos en azúcar realizado por MEREDITH (1973) y ARAYA *et al.* (1995).

El procedimiento se realizó de la siguiente manera: las raíces se lavaron con agua de la llave, después de dejarlas secar a temperatura ambiente, se pesaron 30g de ellas

en una balanza Analytical Plus, marca Ohaus, y con la ayuda de tijeras se cortaron transversalmente trozos de raíces de 1cm, que luego se homogenizaron. Estos trozos se colocaron dentro del vaso de una licuadora Osterizer, modelo 565-15, con 500mL de agua y luego se licuaron a alta velocidad por 30 seg. La solución del licuado se depositó en un tamiz de 710 $\mu$ m el cual estaba colocado sobre un tamiz de 38 $\mu$ m. La muestra se lavó con agua a presión para que hubiera desprendimiento de los nematodos, y del material que quedó en el tamiz de 38 $\mu$ m, se depositó todo su contenido en tubos de centrifugación de 30 mL de capacidad. Posteriormente, se centrifugó a 3800 rpm durante 5min. Como consecuencia de la centrifugación hubo sedimentación de las partículas pesadas en el fondo del tubo y se procedió a eliminar el sobrenadante.

Seguidamente, los tubos fueron llenados nuevamente con solución de sacarosa al 50% y colocados a centrifugar a 3.800rpm durante 5min con el propósito de que los nematodos quedaran flotando en la solución de sacarosa por densidad diferencial y fueran separados de las partículas más pesadas. Luego el sobrenadante se depositó en un tamiz de 38 $\mu$ m para lavar la sacarosa con agua de la llave a presión baja y evitar que los nematodos fueran afectados por ésta. Finalmente se recogieron 20mL de agua con nematodos en una caja de Petri y se realizó el conteo de nematodos (número de nematodos en 100g de raíces). La extracción de nematodos de suelo se realizó de similar manera, omitiendo el procedimiento de licuado.

La identificación de nematodos se realizó con las claves taxonómicas de THORNE (1961), MAGGENTI *et al.*, (1987), TARJAN & KEPPNER (1989), HUNT *et al.* (2005), HUNT (1993); MAI *et al.* (1996), SIDDIQI (2000), PANESAR & MARSHALL (2001), NGUYEN (2003), EYUALEM-ABEBE *et al.* (2006), PERRY & MOENS (2006), CASTILLO & VOVLAS (2008) Y PERRY *et al.* (2009).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Nematodos en ecosistema Guadua

Taxonómicamente se encontraron 29 géneros de nematodos pertenecientes a dos clases: Secernentea, ubicados en los ordenes Aphelenchida, Monhysterida, Rhabditida y Tylenchida, y Adenophorea, ubicados en los ordenes Araeolaimida, Dorylaimida y Triplonchida; encontrándose la mayor cantidad de géneros, 11 en total, de hábito bacteriófago pertenecientes al orden Rhabditida (Tabla 1). En éste orden se encontró la familia Cephalobidae con los géneros *Acrobeles* (Figura 2), *Cephaloboides* (Figura 3), *Eucephalobus* (Figura 4) y *Panangrolaimus* (Figura 5); la presencia de dicha familia de nematodos concuerda con los estudios de biodiversidad realizados en el departamento de Sucre por GOMEZ *et al.* (2010), quienes la registraron como una familia dominante en pasto colosuana (*Bothriochloa pertusa*) debido a su capacidad de criptobiosis y hábito alimenticio bacteriófago como factores determinantes de supervivencia.

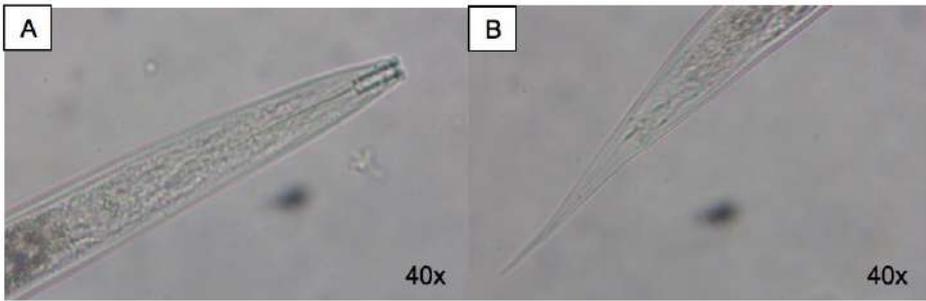
**Tabla 1.** Nematodos encontrados en el ecosistema guadua identificados taxonómicamente a nivel de género y biológicamente a nivel de hábito alimenticio.

CLASE	ORDEN	SUBORDEN	FAMILIA	GÉNERO	HÁBITO	CONTEOS*		
						SUELO	RAÍZ	
Adenophorea	Araeolaimida	Araeolaimina	Leptolaimidae	<i>Anonchus</i>	Bacteriófago	16		
	Dorylaimida	Dorylaimina	Dorylaimidae	<i>Dorylaimus</i>	Fitoparásito	1179	204	
		Dorylaimina	Leptonchidae	<i>Leptonchus</i>	Fitoparásito	49		
		Mononchina	Mononchidae	<i>Mononchus</i>	Depredador	233	479	
	Triplonchida	Diphtherophorina	Trichodoridae	<i>Trichodorus</i>	Fitoparásito	789		
Secernentea	Aphelenchida	Aphelenchina	Aphelenchoididae	<i>Aphelenchoides</i>	Micófago	163	1738	
		Aphelenchina	Aphelenchidae	<i>Seinura</i>	Micófago		17	
	Monhysterida	Monhysterina	Monhysteridae	<i>No identificado</i>	Bacteriófago	77		
	Rhabditida	Cephalobina	Cephalobina	Cephalobidae	<i>Acrobeles</i>	Bacteriófago	171	642
			Cephalobina	Cephalobidae	<i>Cephaloboides</i>	Bacteriófago		282
			Cephalobina	Cephalobidae	<i>Eucephalobus</i>	Bacteriófago	187	431
			Cephalobina	Cephalobidae	<i>Panangrolaimus</i>	Bacteriófago		70
			Rhabditina	Diplogasteridae	<i>Acrostichus</i>	Bacteriófago		467
		Rhabditina	Rhabditidae	<i>Diplogaster</i>	Bacteriófago	59	270	
		Rhabditina	Rhabditidae	<i>Mesorhabditis</i>	Bacteriófago	47	1744	
		Rhabditina	Rhabditidae	<i>Pelodera</i>	Bacteriófago	31	504	
		Rhabditina	Rhabditidae	<i>Protohabditis</i>	Bacteriófago		25	
		Rhabditina	Rhabditidae	<i>Rhabditis</i>	Bacteriófago	369	3072	
		Teratocephalina	Teratocephalidae	<i>Metateratocephalus</i>	Bacteriófago	75	35	
		Tylenchida	Criconematina	Criconematidae	<i>Criconema</i>	Fitoparásito	210	165
			Criconematina	Criconematidae	<i>Hemicyclophora</i>	Fitoparásito		61
			Hexatylinea	Anguinidae	<i>Ditylenchus</i>	Micófago	182	128
			Tylenchina	Hoplolaimidae	<i>Helicotylenchus</i>	Fitoparásito	1906	5133
			Tylenchina	Pratylenchidae	<i>Pratylenchus</i>	Fitoparásito	309	69
Tylenchina			Pratylenchidae	<i>Rotylenchulus</i>	Fitoparásito	217		
Tylenchina	Tylenchidae		<i>Tylenchus</i>	Fitoparásito	417	757		
NO IDENTIFICADOS	-	-		Morfotipo 1	-	30		
				Morfotipo 2		33		
	-	-		Morfotipo 3	-	35		

(\*) Número total de nematodos encontrados en 44 muestras compuestas de 100g de suelo y 100g de raíces.



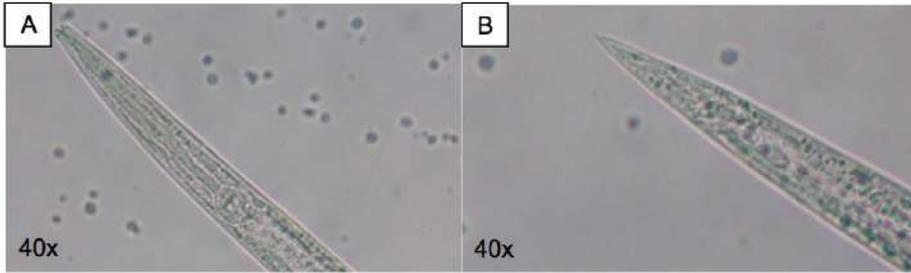
**Figura 2.** *Acrobeles* sp. **A.** Cuerpo entero del nematodo. **B y C.** Región anterior (cabeza) y posterior (cola), respectivamente.



**Figura 3.** *Cephaloboides* sp. **A.** Región anterior (cabeza). **B.** Región posterior (cola).

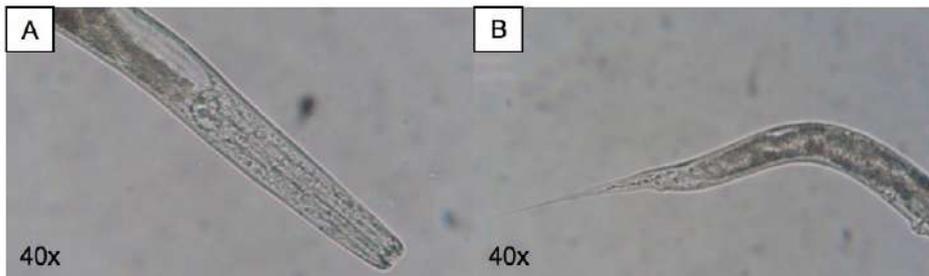


**Figura 4.** *Eucephalobus* sp. **A.** Cuerpo entero del nematodo. **B y C.** Región anterior (cabeza) y posterior (cola) de macho, respectivamente.



**Figura 5.** *Panangrolaimus* sp. **A.** Región anterior (cabeza). **B.** Región posterior (cola).

En el mismo orden Rhabditida, también se encontraron las familias Diplogasteridae con los géneros *Acrostichus* (Figura 6) y *Diplogaster* (Figura 7); la familia Rhabditidae con los géneros *Mesorhabditis* (Figura 8), *Pelodera* (Figura 9), *Protorhabditis* (Figura 10) y *Rhabditis* (Figura 11); y la familia Teratocephalidae con el género *Metateratocephalus* (Figura 12). De la familia Rhabditidae se destaca el género *Rhabditis* con una población de 3.072 individuos en raíces (Tabla 1). Estos resultados concuerdan con los obtenidos por LEGUÍZAMO & PARADA (2008) en la altillanura colombiana, quienes encontraron que la dominancia de los nematodos de hábito bacteriófago en ecosistemas naturales es debida a que las bacterias son la población más numerosa en ambientes edáficos, permitiéndoles una mayor capacidad de adaptación y colonización.



**Figura 6.** *Acrostichus* sp. **A.** Región anterior (cabeza).  
**B.** Región posterior de la hembra (cola).



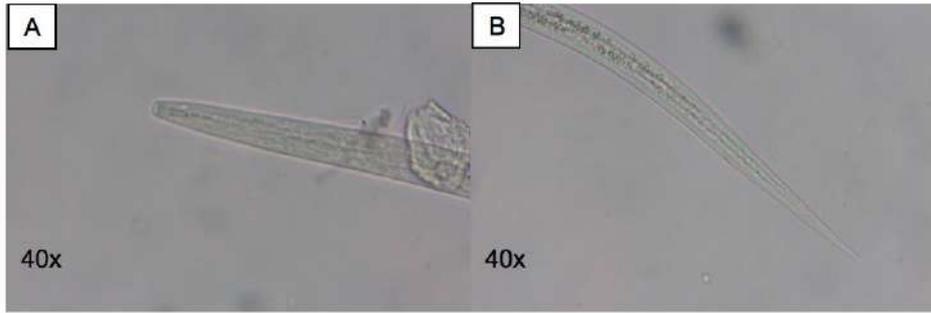
**Figura 7.** *Diplogaster* sp. **A.** Cuerpo entero del nematodo.  
**B y C.** Región anterior (cabeza) y posterior (cola), respectivamente.



**Figura 8.** *Mesobabditis* sp. **A.** Cuerpo entero del nematodo.  
**B y C.** Región anterior (cabeza) y posterior (cola), respectivamente.



**Figura 9.** *Pelodera* sp. **A.** Región anterior (cabeza). **B.** Región posterior (cola).



**Figura 10.** *Protorhabditis* sp. **A.** Región anterior (cabeza). **B.** Región posterior (cola).



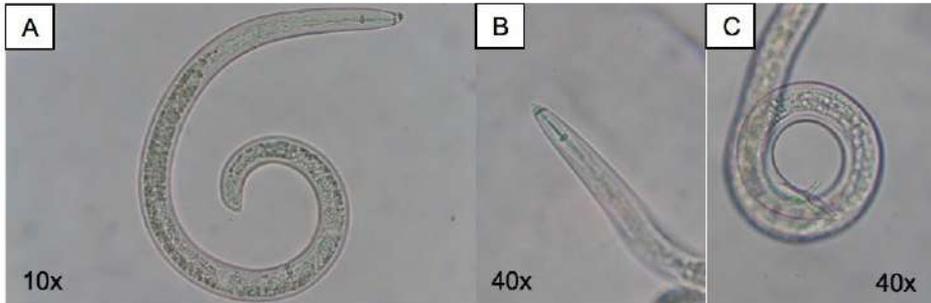
**Figura 11.** *Rhabditis* sp. **A.** Cuerpo entero del nematodo. **B y C.** Región anterior (cabeza) y posterior (cola), respectivamente.



**Figura 12.** *Metateratocephalus* sp. **A.** Cuerpo entero del nematodo. **B y C.** Región anterior (cabeza) y posterior (cola), respectivamente.

Estos nematodos bacteriófagos se caracterizan por tener ciclos de vida cortos, y ser indicadores de enriquecimiento orgánico en el ecosistema al ser colonizadores por excelencia (BONGERS, 1999); además, la mayor cantidad de este tipo de nematodos fue encontrada en las muestras de raíces, este hecho debido a la especialización de dichos géneros a las condiciones intrínsecas de este ecosistema; en algunos casos en proporciones cercanas o superiores de 10 a 1 con respecto a las muestras de suelo, como por ejemplo en el caso de *Mesorhabditis*, en donde se registraron 1.744 y 47 individuos en raíces y suelo, respectivamente y *Rhabditis* con 3.072 y 369 individuos en raíces y en suelo, respectivamente (Tabla 1).

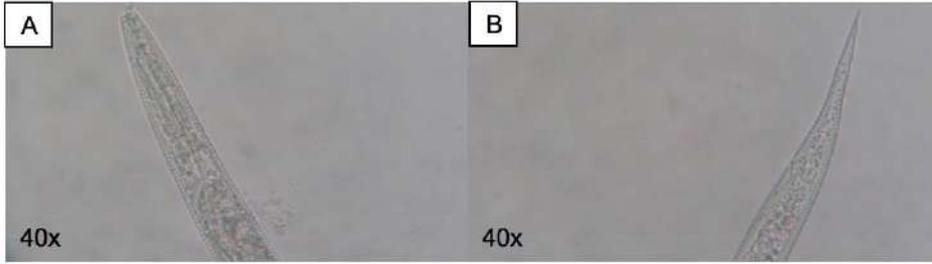
Por otra parte, el segundo orden dominante en cuanto a número de géneros fue Tylenchida destacándose que la mayoría de nematodos, a excepción del género *Ditylenchus*, fueron fitoparásitos, encontrándose la familia Hoplolaimidae con el género *Helicotylenchus* (Figura 13), la familia Criconematidae con los géneros *Criconema* (Figura 14) y *Hemicycliophora* (Figura 15), coincidiendo la identificación de estos géneros con los registrados por LEGUÍZAMO & PARADA (2008) en ecosistemas naturales de la altillanura en el departamento del Meta; la familia Pratylenchidae con los géneros *Pratylenchus* (Figura 16) y *Rotylenchulus* (Figura 17) y la familia Tylenchidae con el género *Tylenchus* (Figura 18), los cuales fueron encontrados en mayor proporción en las muestras de raíces con 5.133, 165, 61 y 757 *Helicotylenchus*, *Criconema*, *Hemicycliophora* y *Tylenchus* respectivamente (Tabla 1.) debido a su hábito generalmente de ectoparásito migratorio en la mayoría de los géneros encontrados y su abundancia está determinada por el vigor de las plantas hospederas (BONGERS, 1999), de los cuales se destaca el género *Helicotylenchus* como la especie dominante de todo el ecosistema.



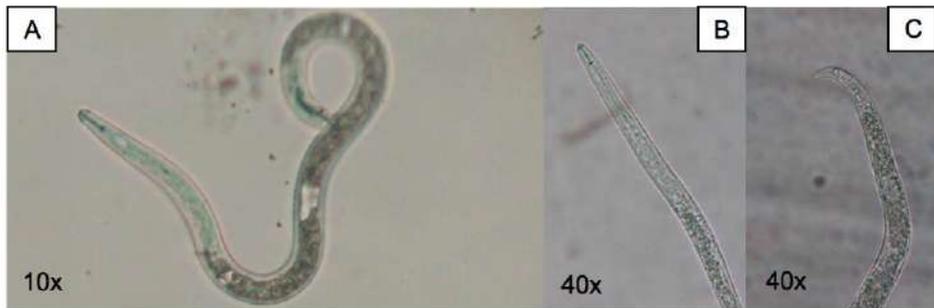
**Figura 13.** *Helicotylenchus* sp. A. Hembra adulta completa.  
B y C. Región anterior (cabeza) y posterior (cola) del macho, respectivamente.



**Figura 14.** *Criconema* sp. A. Cuerpo entero del nematodo.  
B y C. Región anterior (cabeza) y posterior (cola), respectivamente.



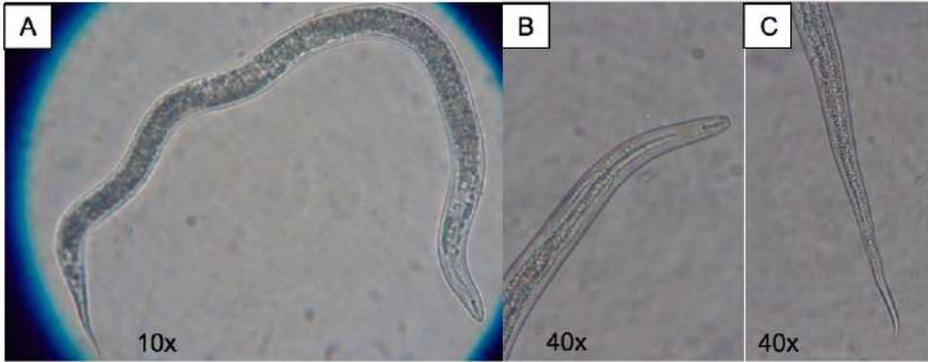
**Figura 15.** *Hemicycliophora* sp. **A.** Región anterior (cabeza). **B.** Región posterior (cola).



**Figura 16.** *Pratylenchus* sp. **A.** Cuerpo entero del nematodo.  
**B y C.** Región anterior (cabeza) y posterior (cola), respectivamente.



**Figura 17.** *Rotylenchulus* sp. **A.** Cuerpo entero del nematodo.  
**B y C.** Región anterior (cabeza) y posterior (cola), respectivamente.



**Figura 18.** *Tylenchus* sp. A. Cuerpo entero del nematodo.  
B y C. Región anterior (cabeza) y posterior (cola) respectivamente.

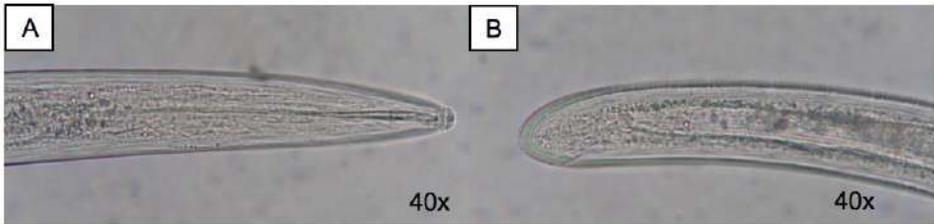
Los nematodos de la clase Adenophorea, fueron encontrados en 3 ordenes: Araeolaimida con la familia Leptonchidae con el género *Anonchus* (Figura 19) de hábitat bacteriófago, Dorylaimida con las familias Dorylaimidae, los cuales fueron encontrados principalmente en muestras de suelo como el género *Dorylaimus* (Figura 20) de hábito fitoparásito, con 1.179 individuos en suelo y solo 204 en raíces (Tabla 1), la familia Leptonchidae con el género *Leptonchus* (Figura 21) de hábito fitoparásito y Mononchidae con el género *Mononchus* (Figura 22) de hábito depredador y el orden Triplonchida encontrándose la familia Trichodoridae con el género *Trichodorus* (Figura 23), el cual solo se encontró en muestras de suelo en gran número con 789 individuos (Tabla 1). Los nematodos de la clase Adenophorea son indicadores de estabilidad y ausencia de contaminantes debido a que su cutícula, que es mucho más permeable que los nematodos del orden Tylenchida, les impide desarrollarse en ecosistemas o zonas contaminadas (BONGERS & FERRIS, 2009).



**Figura 19.** *Anonchus* sp. A. Cuerpo entero del nematodo;  
B y C. Región anterior (cabeza) y posterior (cola), respectivamente.



**Figura 20.** *Dorylaimus* sp. **A.** Cuerpo entero del nematodo. **B y C.** Región anterior (cabeza) y posterior (cola), respectivamente.



**Figura 21.** *Leptonchus* sp. **A.** Región anterior (cabeza). **B.** Región posterior (cola).



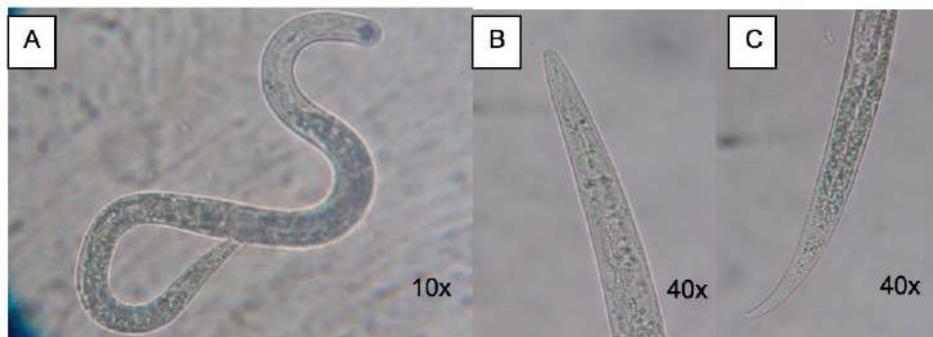
**Figura 22.** *Mononchus* sp. **A.** Cuerpo entero del nematodo. **B y C.** Región anterior (cabeza) y posterior (cola), respectivamente.



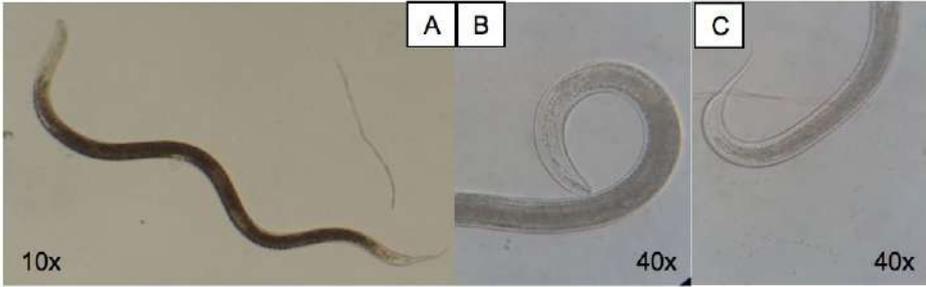
**Figura 23.** *Trichodorus* sp. **A.** Cuerpo entero del nematodo.  
**B y C.** Región anterior (cabeza) y posterior (cola), respectivamente.

En retrospectiva se puede decir que el ecosistema guadua es altamente enriquecido, ausente de contaminantes y por ende, las plantas dentro de este muestran una condición de vigor apropiadas para el desarrollo de especies fitoparásitas, es decir, que la presencia de dichas especies en el ecosistema no es explicada por la intervención humana, como ocurriría en un ecosistema cultivado, sino por la condición intrínseca del guadual.

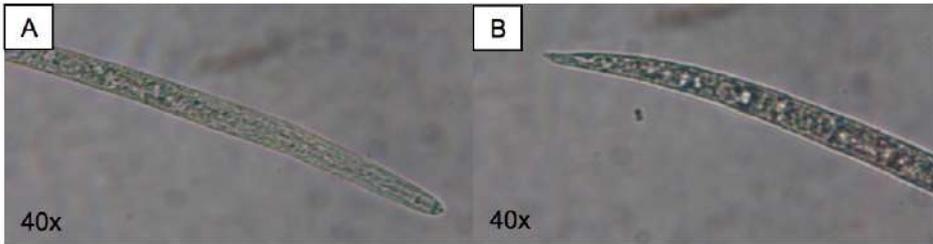
Esporádicamente se encontraron nematodos de hábito micófago del orden Aphelenchida encontrándose las familias Aphelenchidae con el género *Aphelenchoides* (Figura 24) en mayor proporción en las muestras de suelo con 1.738 individuos frente a 163 individuos en raíces (Tabla 1), y Aphelenchoididae con el género *Seinura* (Figura 25) y del orden Tylenchida, la familia Anguinidae con el género *Ditylenchus* (Figura 26), siendo más representativo de los 3 el género *Aphelenchoides*. Además de los géneros ya descritos, se registro la presencia de un género de hábito bacteriófago no perteneciente al orden Rhabditida clasificado como *Monhystera* (Figura 27) y tres morfotipos no identificados (Figuras 28, 29 y 30).



**Figura 24.** *Aphelenchoides* sp. **A.** Cuerpo entero del nematodo.  
**B y C.** Región anterior (cabeza) y posterior (cola), respectivamente.



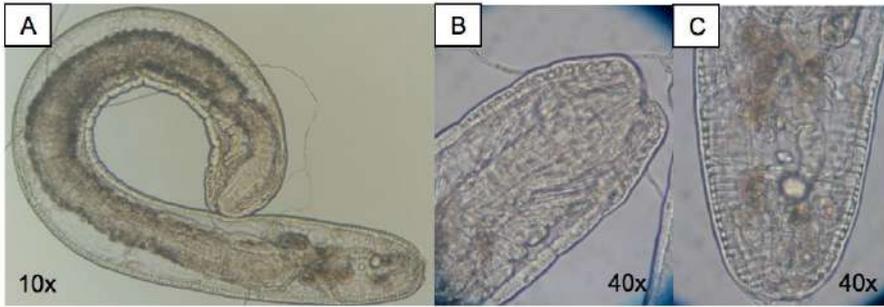
**Figura 25.** *Seinura* sp. **A.** Cuerpo entero del nematodo. **B y C.** Región anterior (cabeza) y posterior (cola), respectivamente.



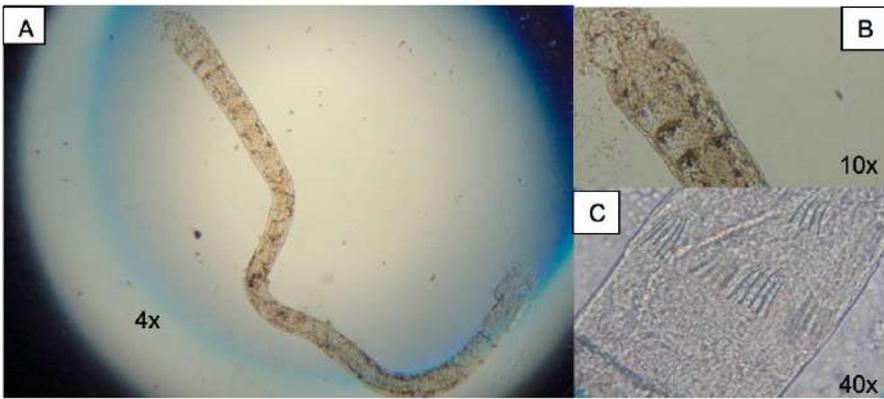
**Figura 26.** *Ditylenchus* sp. **A.** Región anterior (cabeza). **B.** Región posterior (cola).



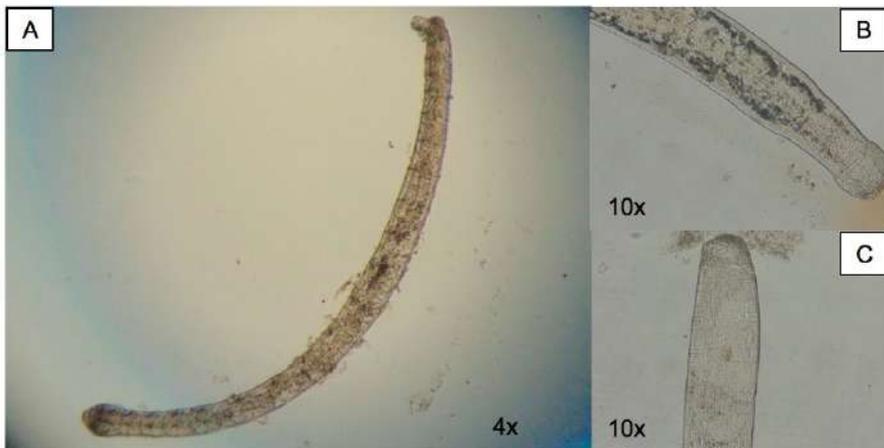
**Figura 27.** *Monhystera* sp. **A.** Cuerpo entero del nematodo. **B y C.** Región anterior (cabeza) y posterior (cola), respectivamente.



**Figura 28.** Morfotipo 1. A. Cuerpo entero del nematodo. B y C. Región anterior (cabeza) y posterior (cola), respectivamente.



**Figura 29.** Morfotipo 2. Guadua A. Cuerpo entero del nematodo. B. Región anterior (cabeza). C. Detalle de los apéndices en el cuerpo del nematodo.



**Figura 30.** Morfotipo 3. Guadua A. Cuerpo entero del nematodo. B y C. Región anterior (cabeza) y posterior (cola), respectivamente.

## Nematodos en ecosistema de Bosque secundario

Fueron encontrados 26 géneros de nematodos, la mayoría pertenecientes a la clase Secernentea, ubicados en los ordenes Aphelenchida, Rhabditida y Tylenchida, y en menor proporción en la clase Adenophorea ubicados en los ordenes Chromadorida, Dorylaimida y Triplonchida (Tabla 2).

**Tabla 2.** Nematodos encontrados en el ecosistema bosque identificados taxonómicamente a nivel de género y biológicamente a nivel de hábito alimenticio.

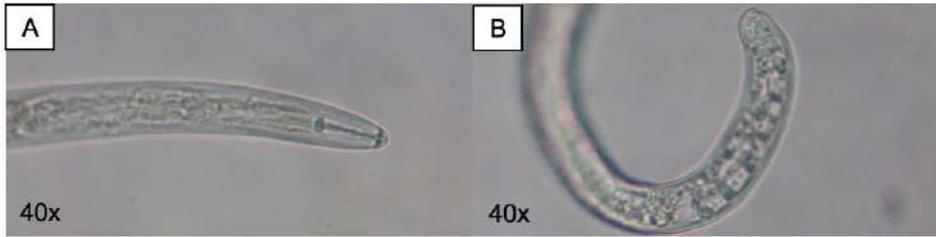
CLASE	ORDEN	SUBORDEN	FAMILIA	GÉNERO	HÁBITO	CONTEOS*		
						SUELO	RAÍZ	
Adenophorea	Chromadorida	Leptolaimina	Rhabdolaimidae	<i>Udonchus</i>	Bacteriófago	28		
		Dorylaimina	Belonidiridae	<i>Axonchium</i>	Omnívoro		72	
	Dorylaimida	Dorylaimina	Dorylaimidae	<i>Dorylaimus</i>	Fitoparásito	514	70	
		Mononchina	Mononchidae	<i>Mononchus</i>	Depredador	107	184	
	Triplonchida	Diphtherophorina	Trichodoridae	<i>Trichodorus</i>	Fitoparásito	213		
Secernentea	Aphelenchida	Aphelenchina	Aphelenchoididae	<i>Aphelenchoides</i>	Micófago		563	
		Cephalobina	Cephalobidae	<i>Acrobeles</i>	Bacteriófago		204	
		Cephalobina	Cephalobidae	<i>Panangrolaimus</i>	Bacteriófago	96	312	
	Rhabditida	Cephalobina	Cephalobidae	<i>Eucephalobus</i>	Bacteriófago	120	37	
		Rhabditina	Neodiplogasteridae	<i>Mononchoides</i>	Bacteriófago	22	404	
		Rhabditina	Rhabditidae	<i>Mesorhabditis</i>	Bacteriófago	109	1126	
		Rhabditina	Rhabditidae	<i>Protohabditis</i>	Bacteriófago	31	129	
		Rhabditina	Rhabditidae	<i>Rhabditis</i>	Bacteriófago	153	1036	
	Tylenchida	Criconematina	Criconematida	Criconematidae	<i>Criconema</i>	Fitoparásito	149	
			Hexatyliina	Anguinidae	<i>Ditylenchus</i>	Micófago	12	137
			Tylenchina	Belonolaimidae	<i>Tylenchorhynchus</i>	Fitoparásito	40	
		Tylenchida	Tylenchina	Heteroderidae	<i>Meloidogyne</i>	Fitoparásito	21	
			Tylenchina	Hoplolaimidae	<i>Helicotylenchus</i>	Fitoparásito	312	1127
			Tylenchina	Hoplolaimidae	<i>Hoplolaimus</i>	Fitoparásito	32	78
			Tylenchina	Pratylenchidae	<i>Pratylenchus</i>	Fitoparásito	112	513
Tylenchina			Pratylenchidae	<i>Rotylenchulus</i>	Fitoparásito		69	
Tylenchina			Tylenchidae	<i>Macrotrophurus</i>	Fitoparásito	25		
Tylenchina			Tylenchulidae	<i>Tylenchulus</i>	Fitoparásito	18	80	
Tylenchina			Tylenchidae	<i>Tylenchus</i>	Fitoparásito	107	393	
NO IDENTIFICADOS	-	-	Morfotipo 4	-		37		
	-	-	Morfotipo 5	-	95			

(\*) Número total de nematodos encontrados en 24 muestras compuestas de 100g de suelo + 100g de raíces.

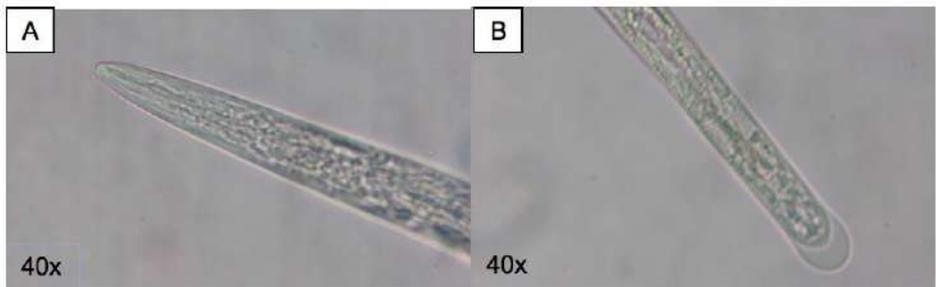
En el orden Tylenchida se encontraron las familias Heteroderidae con el género *Meloidogyne* (Figura 31), Tylenchidae con el género *Macrotrophurus* (Figura 32), Hoplolaimidae con el género *Hoplolaimus* (Figura 33), Belonolaimidae con el género *Tylenchorhynchus* (Figura 34) y Tylenchulidae con el género *Tylenchulus* (Figura 35); sin embargo, al comparar la cantidad de individuos de este orden con la del orden Rhabditida, en el cual se identificaron las familias Neodiplogasteridae con el género *Mononchoides* (Figura 36), Rhabditidae con los géneros *Rhabditis*, *Protorhabditis* y *Mesorhabditis*, y Cephalobidae con los géneros *Acrobeles* y *Panangrolaimus*, se encontró un número similar en ambos órdenes con 828 y 531 individuos en suelo, respectivamente, y 1.389 y 3.248 individuos en raíz, respectivamente (Tabla 2). Lo anterior posiblemente ocurrió debido a que el género *Helicotylenchus* fue el más dominante en el orden Tylenchida, y la aparición de los demás géneros fue muy esporádica, como en el caso de los géneros *Meloidogyne* y *Macrotrophurus* con 21 y 25 individuos en 100g suelo; mientras que las poblaciones de nematodos del orden Rhabditida fueron más estables siendo las mínimas por encima de 150 individuos en 100g de raíz y suelo en el caso de *Protorhabditis* y *Eucebhalobus* y las máximas cercanas a 1.200 individuos para los géneros *Rhabditis* y *Mesorhabditis* (Tabla 2). El componente de estructura, es decir aquellos nematodos que indican estabilidad de recursos a largo plazo en este ecosistema, lo marca la presencia de nematodos del orden Dorylaimida; omnívoros de las familias Belonidiridae con el género *Axonchium* (Figura 37), y depredadores de la familia Mononchidae con el género *Mononchus*; adicionalmente, se identificaron 2 morfotipos (Figuras 38 y 39) en poblaciones menores a 100 individuos dentro del ecosistema. Cuando el porcentaje de Dorylaimidos en muestras de suelo es superior al 25% se considera que el suelo está poco alterado (BONGERS, 1999); en la presente investigación se encontró que dicho porcentaje es de 27%, lo cual obedece a zonas de poca influencia antrópica y es consistente con la investigación de LEGUÍZAMO & PARADA (2008), quienes encontraron que en ecosistemas naturales conservados, dicho porcentaje es mayor que en zonas cultivadas.



**Figura 31.** *Meloidogyne* sp. **A.** Hembra adulta completa. **B y C.** Región anterior (cabeza) y posterior (cola), respectivamente. **D.** Estado juvenil (j2) completo.



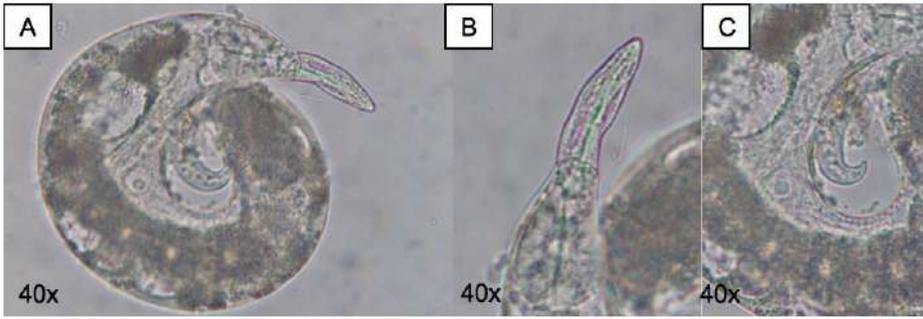
**Figura 32.** *Hoplolaimus* sp. **A.** Región anterior (cabeza). **B.** Región posterior (cola).



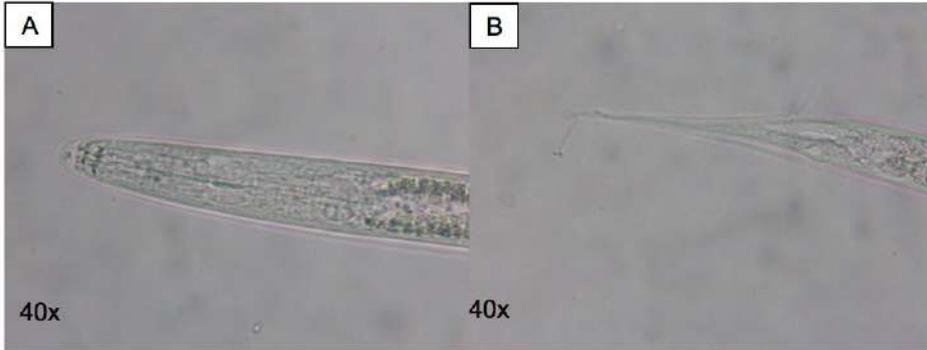
**Figura 33.** *Macrotrophurus* sp. **A.** Región anterior (cabeza). **B.** Región posterior (cola).



**Figura 34.** *Tylencorhinchus* sp. **A.** Macho adulto completo. **B y C.** Región anterior (cabeza) y posterior (cola) del macho, respectivamente



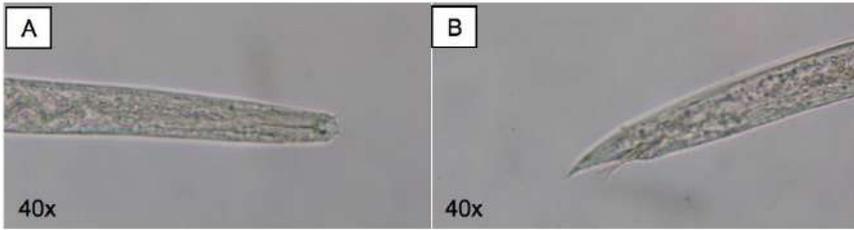
**Figura 35.** *Tylenchulus* sp. **A.** Hembra adulta completa. **B.** Región anterior (cabeza) y esofágica. **C.** Región posterior (cola).



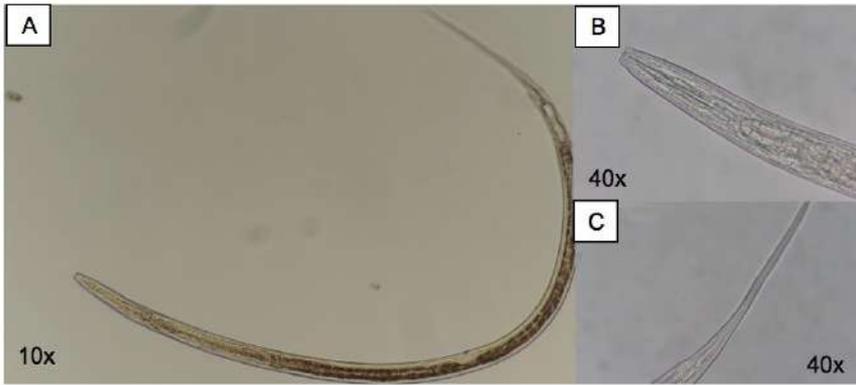
**Figura 36.** *Mononchoides* sp. **A.** Región anterior (cabeza). **B.** Región posterior (cola).



**Figura 37.** *Axonchium* sp. **A.** Cuerpo entero del nematodo. **B y C.** Región anterior (cabeza) y posterior (cola), respectivamente.



**Figura 38.** Morfotipo 4. **A.** Región anterior (cabeza). **B.** Región posterior (cola).



**Figura 39.** Morfotipo 5. **A.** Cuerpo entero del nematodo.  
**B y C.** Región anterior (cabeza) y posterior (cola), respectivamente.

Similar a la situación del ecosistema guadua, al ser ambos ecosistemas fragmentos de bosque, existe una tendencia al enriquecimiento orgánico evidenciado por la cantidad de nematodos bacteriófagos colonizadores como los del orden Chromadorida de la familia Rhabdolaimidae con *Udonchus* (Figura 40), a la vez que presentan cantidad similar de géneros identificados.



**Figura 40.** *Udonchus* sp. **A.** Cuerpo entero del nematodo.  
**B y C.** Región anterior (cabeza) y posterior (cola), respectivamente.

## Comparación entre ecosistemas

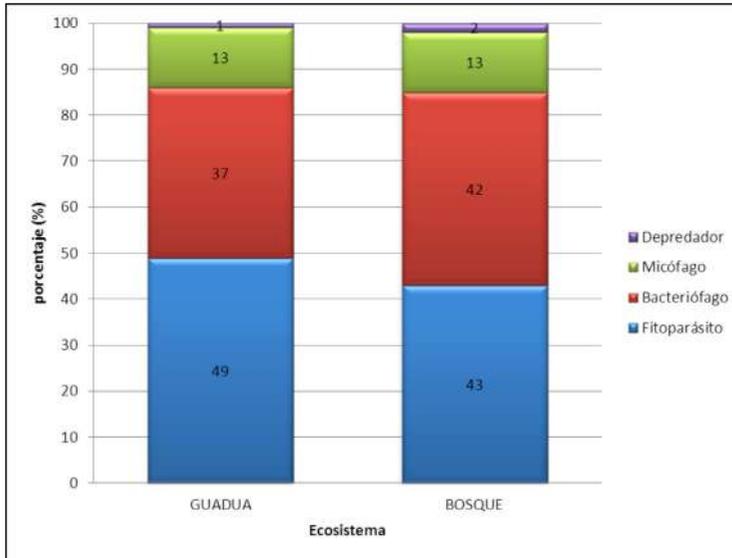
Los fragmentos de bosque y guadua registraron similaridad en las comunidades de nematodos presentes en el suelo, con una riqueza de 29 géneros en guadua y 26 en bosque, de los cuales 16 fueron comunes en ambos ecosistemas; dichos géneros pertenecían principalmente a la clase Secernentea, demostrando la alta biodiversidad de la nematofauna presente allí, la cual ha sido corroborada en estudios de entomología, biología, micología y botánica (ROJAS *et al.*, 2008; GIRALDO, 2009; CASTAÑO & CORRALES, 2010; MONTOYA *et al.*, 2010).

En ambos ecosistemas se encontró que el género dominante en 100g de raíces fue el nematodo *Helicotylenchus* spp., de hábito fitoparásito con 5.133 y 1.127 individuos en guadua y bosque, respectivamente, seguido por el nematodo *Rhabditis* spp., de hábito bacteriófago con 3.072 y 1.036 individuos en guadua y bosque, respectivamente (Tablas 1 y 2).

Al realizar una comparación de los grupos tróficos encontrados en los ecosistemas evaluados se encontró dominancia de los nematodos de hábito fitoparásito con un 49 y 43% en guadua y bosque, respectivamente, en relación con los demás grupos que fue menor (Figura 41), lo cual es consecuente con los resultados encontrados por AZPILICUETA *et al.* (2008), quienes demostraron que a menudo los nematodos fitoparásitos constituyen un alto porcentaje (de hasta 100%) de la comunidad de nematodos del suelo y raíces en cualquier agro ecosistema; sin embargo, existe una condición de equilibrio entre los nematodos fitoparásitos y los demás grupos tróficos en ambos ecosistemas.

El segundo grupo trófico más predominante en los dos ecosistemas fue el bacteriófago, siendo más representativo en el ecosistema bosque con 42% de la población total, frente a 37% de la población en guadua (Figura 41), lo que indica una condición de enriquecimiento orgánico en dichos ecosistemas. Así mismo, en ambos ecosistemas se observó que la mayor cantidad de nematodos de este grupo trófico fue registrada en muestras en 100g de raíces con 7.542 y 3.284 individuos para guadua y bosque, respectivamente, frente a 939 y 531 individuos registrados en muestras de suelo en guadua y bosque, respectivamente; según FRECKMAN *et al.* (1975), este hecho es debido a la presencia de bacterias degradadoras de celulosa presentes en las raíces, las cuales son una fuente primaria de alimentación de estos nematodos, favoreciendo su proliferación en los sistemas radicales de las plantas.

Después del bacteriófago, el grupo trófico micófago fue el mejor indicador de riqueza en los ecosistemas, siendo este menos susceptible a los cambios en el entorno y la presencia de contaminantes en el suelo (BONGERS, 1999), es decir, que en cierta medida la presencia de este tipo de nematodos indicó una condición de enriquecimiento leve, lo que sumado a los nematodos bacteriófagos ratificó la condición de los recursos en los ecosistemas guadua y bosque. Por su parte, el grupo trófico depredador se comportó de manera similar en los ecosistemas de guadua y bosque al no representar más del 2% del número total de nematodos encontrados (Figura 41).



**Figura 41.** Distribución porcentual de las dinámicas de los grupos tróficos de nematodos en los cuatro ecosistemas evaluados.

## CONCLUSIONES

Los ecosistemas de guadua y bosque secundario de la granja Montelindo de la Universidad de Caldas presentaron alta biodiversidad de nematofauna debido a que en el primero se identificaron 29 géneros de nematodos pertenecientes a las clases Secernentea, ubicados en los órdenes Aphelenchida, Monhysterida, Rhabditida y Tylenchida, y Adenophorea, ubicados en los órdenes Araeolaimida, Dorylaimida y Triplonchida; y en el segundo fueron encontrados 26 géneros de nematodos, la mayoría pertenecientes a la clase Secernentea, ubicados en los órdenes Aphelenchida, Rhabditida y Tylenchida, y en menor proporción en la clase Adenophorea ubicados en los órdenes Chromadorida, Dorylaimida y Triplonchida.

El grupo trófico de nematodos predominantes en los ecosistemas de bosque y guadua fue el fitoparásito con 46%, seguidos por bacteriófago, micógafo y depredador con 40, 13 y 1,5%, respectivamente, demostrando que son ecosistemas enriquecidos en diversidad de nematofauna y reflejando el equilibrio de ambos ecosistemas.

Debido a la dificultad en la preservación de colecciones biológicas de nematodos, el archivo fotográfico resultante de esta investigación se convierte en un soporte para futuras investigaciones en este campo, siendo la primera vez que se crea un registro visual no pictórico de los géneros presentes en estos ecosistemas de la región cafetera central del país.

## AGRADECIMIENTOS

A Luis Gabriel Sánchez Cossio y Bernardo Gutiérrez, por su colaboración en la recolección de las muestras y trabajo de laboratorio, respectivamente.

## BIBLIOGRAFÍA

- ARAYA M.; CENTENO, M. & CARRILLO, W., 1995.- Densidad poblacional y frecuencia de los nematodos parásitos de banano (*Musa* AAA) en nueve cantones de Costa Rica. CORBANA 20 (43): 6-11.
- AZPLICUETA, C.V.; ARUANI, M.C.; REEB, P.D. & SÁNCHEZ, E.E., 2008.- Estructura de la comunidad de nematodos del suelo bajo dos niveles de fertilización nitrogenada en Alto Valle del Río Negro Argentina. *Nematropica* 38:75-86.
- BONGERS, T., 1999.- The maturity index, the evolution of nematode life history traits, adaptive radiation and c-p scaling. Kluwer academic publishers. *Plant and soil* 212: 13-22.
- BONGERS, T. & FERRIS H., 2009.- Indices developed specifically for analysis of nematode assemblages. Capítulo en: CAB International 2009. *Nematodes as environmental indicators* (eds M.J. Wilson y T. Kakouli-Duarte).
- CASTAÑO, J.H. & CORRALES, J.D., 2010.- Mamíferos de la Cuenca del río la miel (Caldas): diversidad y uso cultural. *Bol.cient.mus.hist.nat.* 14 (1): 56-75
- CASTILLO, P. & VOVLAS, N., 2008.- *Pratylenchus* (Nematoda, Pratylenchidae): Diagnosis, biology, pathogenicity and management. *Nematology Monographs and perspectives*. Brill Academic publishers. 529 p.
- EYUALEM-ABEBE A.I. & TRAUNSPURGER, W., 2006.- *Freshwater nematodes: Ecology and taxonomy*. CAB International.
- FERRIS H.; BONGERS, T. & DE GOEDE R. G.M., 2001.- A framework for soil food web diagnostics: extension of the nematode faunal analysis concept. *Applied soil ecology* 18: 13-29.
- FRECKMAN, D.W.; MANKAU, R. & FERRIS, H., 1975.- Nematode Community structure in desert soils: nematode recovery. *Journal of Nematology* 7 (4): 343-346.
- GIRALDO, E., 2009.- Bienes y servicios ambientales de la guadua en Colombia (*Guadua angustifolia* Kunth). En: [http://www.sigguadua.gov.co/index.php?option=com\\_docman&task=doc\\_details&gid=9&Itemid=37](http://www.sigguadua.gov.co/index.php?option=com_docman&task=doc_details&gid=9&Itemid=37)
- GOMEZ, S.; MERCADO, J.; PAYARES, F. & PEREZ, C., 2010.- Identificación de nematodos asociados al pasto colosiana (*Bothriochloa pertusa* (L) A. Camus) en el municipio de Sampues, Departamento de Sucre, Colombia. *Rev. Colombiana Cienc. Anim.* 2 (2). 2010.
- HUNT, D.J., 1993.- Aphelinchida, longidoridae and trichodoridae: Their systematics and bionomics. Wallingford, UK, CAB International. 352 p.
- LEGUÍZAMO, M.C. & PARADA, J.C., 2008.- Nematodos del suelo en el sistema maíz-soya y en habitats naturales adyacentes de la Altillanura colombiana (Meta). *Revista Corpoica - Ciencia y tecnología agropecuaria* (2008) 9(1), 61-65.
- HUNT, D.J.; LUC, M. & MANZANILLA, R.H., 2005.- Morphology, anatomy and biology of plant parasitic nematodes - a synopsis. En: *Plant Parasitic Nematodes in Subtropical and Tropical Agriculture*. Edited by Luc M. & Sikora. CAB International. Londres. pp.11-52.
- MAGGENTI, A.R.; LUC, M.; RASKI, D.J.; FORTUNER, R. & GERAERT, E., 1987.- A reappraisal of Tylenchina (Nemata). *Revue Nematol* 10.
- MAI, W.; MULLIN, P. & LYON, H.H. & LOEFFLER, K., 1996.- *Plant parasitic nematodes. A pictorial key to genera*. Fifth edition. Comstock Publishing Associates. A division of Cornell University Press. 277 p.
- MEREDITH, J., 1973.- Algunos métodos de campo y laboratorio para trabajar con nematodos, Maracaibo, Venezuela. 44p.
- MONTOYA, S.; GALLEGO, J.H.; SUCERQUIA, A.; PELÁEZ, B.J.; BETANCOURT, O. & ARIAS, D.F., 2010.- Macromycetos observados en bosques del departamento de caldas: su influencia en el equilibrio y la conservación de la biodiversidad. *Bol.cient.mus.hist.nat.* 14 (2): 57-73.
- MORENO, C.E., 2001.- Métodos para medir la biodiversidad. M&T-Manuales y Tesis SEA, vol.1. Zaragoza, 84 pp.
- NGUYEN, K.B., 2011.- Clave Rhabditida: Rhabditina (2003). En: [www.kbnguyen.ifas.edu](http://www.kbnguyen.ifas.edu); Consulta: Julio de 2011.
- OSPINA, R. & RODRIGUEZ, J.M., 2002.- Biodiversidad en guaduales, importancia e implicaciones para un buen manejo. Seminario Taller Avances en la investigación sobre Guadua.
- PANESAR, T.S & MARSHALL, V.G., 2001.- Monograph of soil nematodes from coastal Douglas-fir forests in British Columbia. Part of the final report submitted to FRBC/ SCBC (Forest renewal British Columbia/ Science Council of British Columbia) 110p.
- PERRY, R. & MOENS, M., 2006.- *Plant nematology*. CAB International. London. 447 p.
- PERRY, R.; MOENS, M. & STARR, J., 2009.- *Root Knot nematodes*. CAB International. London. 480 p.
- RIOS, C., 2007.- Riqueza de especies de mariposas (Hesperioidea y Papilionoidea) de la quebrada "el aguila" cordillera central (Manizales, Colombia). *Bol.cient.mus.hist.nat.* Vol 11 : 272-291.
- ROJAS, W.; ESTÉVEZ, V. & RONCANCIO, N., 2008.- Estructura y composición florística de remanentes de bosque húmedo tropical en el oriente de Caldas, Colombia. *Bol.cient.mus.hist.nat.* Vol 12 : 24-37.
- SIDDIQI, M.R., 2000.- *Tylenchida: parasites of plant and insects*. CABI Publishing Eds., London. 800p.
- TARJAN, A.C. & KEPPNER, E.J., 1989.- Ploughing of a perennial grass lay-effect on the nematode fauna. *Pedobiologia* 33: 199-210.
- THORNE, G., 1961.- *Principles of nematology*. USA. McGraw-Hill - Book Company. 547 p.